

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 3519620 A1

⑯ Int. Cl. 4:
B01D 13/00

C 12 M 1/00
C 12 M 3/00
C 12 N 1/02
C 12 N 5/00
C 08 J 5/18
A 61 M 1/14
B 01 D 23/06

Behördeneigentum

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯
04.06.84 US 06/617,218

⑯ Anmelder:
Norton Co., Worcester, Mass., US

⑯ Vertreter:
Diehl, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München;
Riederer Frhr. von Paar zu Schönau, A., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 8300 Landshut

⑯ Erfinder:
Lillo, Eric, Worcester, Mass., US

⑯ Einrichtung und Verfahren zur Steuerung der Diffusion von Fluidkomponenten

Ein poröser keramischer Körper, der im allgemeinen röhrenförmig ausgestaltet ist, weist eine Vielzahl von parallel ausgerichteten Hohlräumen auf, in die ein Fluid eingeführt werden kann. In dem keramischen Körper ist eine Vielzahl von Porengrößen vertreten, die eine Asymmetrie bezüglich der Strömung erzeugen und dadurch eine gesteuerte Diffusion oder Trennung von Fluiden ermöglichen. Der keramische Körper kann somit als Filter eingesetzt werden.

DE 3519620 A1

DE 3519620 A1

DIEHL & PARTNER

Patentanwälte · European Patent Attorneys

1

3519620

Kanzlei/Office:
Rüggenstraße 13 · D-8000 München 19

5

28. Mai 1985 D/we-Teu.
N 4415-D

10 NORTON COMPANY

One New Bond Street

Worcester, Massachusetts 01606

USA

15

EINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER
DIFFUSION VON FLUIDKOMPONENTEN

20

Patentansprüche

25 1. Einrichtung zur gesteuerten Diffusion von ausgewählten Fluidkomponenten unter Verwendung eines keramischen Körpers,
gekennzeichnet durch
die folgenden Merkmale:

30

- durch den porösen keramischen Körper (26) erstreckt sich mindestens ein erster Hohlkanal;

- es sind Vorrichtungen (42) vorgesehen, mit denen mindestens ein erstes Fluid mit mindestens zwei

35

1 unterschiedlichen chemischen Komponenten konti-
nuierlich in den Hohlkanal eingeführt wird, um
das erste Fluid mindestens teilweise kontinuierlich
durch die Poren des porösen Keramikkörpers strömen
5 zu lassen;

10 5 - der poröse keramische Körper enthält mindestens
eine erste Zone, die sich quer zum gesamten Strömungs-
pfad des Fluids erstreckt und Poren mit genügend
kleiner Größe aufweist, daß eine Komponente des ersten
Fluids durch diese erste Zone mit deutlich größerer
Geschwindigkeit diffundiert als mindestens eine
andere Komponente des ersten Fluids; und

15 15 - es sind Vorrichtungen (32) vorgesehen, mit denen
einmal der Teil des ersten Fluids gesammelt wird,
der durch die Poren des porösen keramischen Körpers
strömt, und die zum anderen den Teil des ersten
Fluids sammeln, der durch den Hohlzylinder strömt.

20 20 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß im Keramikkörper mindestens ein zweiter Hohl-
kanal (22) vorgesehen ist, der mindestens einen Teil
der Strömung des ersten Fluids auffängt, der durch
die Poren des keramischen Körpers strömt.

25 25 3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
daß eine Vielzahl von ersten Hohlkanälen um den
zweiten Hohlkanal herum angeordnet sind.

30 30 4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch
gekennzeichnet, daß der keramische Körper und die
Hohlkanäle im wesentlichen zylindrisch geformt sind.

- 1 5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß zur Diffusion einer
ausgewählten Komponente eines ersten Fluids in
ein zweites Fluid das erste Fluid kontinuierlich
5 in mindestens einen ersten Hohlkanal eingeführt
wird, daß das zweite Fluid in mindestens einen
weiteren der ersten Hohlkanäle eingeführt wird,
daß Vorrichtungen vorgesehen sind, mit denen am
10 Ende des ersten Hohlkanals mit dem ersten Fluid
ein drittes Fluid abgenommen wird, das bezüglich
der am schnellsten diffundierenden Komponente
des ersten Fluids verarmt ist, und daß am Ende
des ersten Hohlkanals mit dem zweiten Fluid ein
15 viertes Fluid abgenommen wird, das bezüglich der
am schnellsten diffundierenden Komponente des
ersten Fluids angereichert ist.
- 20 6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß eine Mehrzahl von Hohlkanälen, denen das erste
Fluid zugeführt wird, um einen einzelnen Hohlkanal
angeordnet sind, dem das zweite Fluid zugeführt wird.
- 25 7. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
daß eine Mehrzahl von Hohlkanälen mit dem ersten
Fluid um eine Mehrzahl von Hohlkanälen mit dem
zweiten Fluid herum angeordnet sind.
- 30 8. Verfahren zum Verarmen eines Fluids bezüglich seiner
am schnellsten diffundierenden Komponenten, dadurch
gekennzeichnet, daß das Fluid in einen Hohlkanal
einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4
eingeführt wird, und das verarmte Fluid am Ende
dieses Hohlkanals abgenommen wird.

9. Verfahren zur Verarmung eines ersten Fluids bezüglich seiner am schnellsten diffundierenden Komponente und gleichzeitiger Anreicherung eines zweiten Fluids mit dieser Komponente, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Fluid und das zweite Fluid in eine Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7 eingeführt werden und das bezüglich der Komponente verärmte erste Fluid am Ende des Hohlkanals mit dem ersten Fluid abgenommen wird und das bezüglich der Komponente des ersten Fluids angereicherte zweite Fluid am Ende des Hohlkanals mit dem zweiten Fluid abgenommen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das verärmte erste Fluid mit einer Komponente des zweiten Fluids angereichert ist.
11. Verwendung einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Querstrom-Mikrofiltration und Ultrafiltration zur Entfernung von Teilchen aus Gasen und Fluiden, zur mikromolekularen Fraktionierung, zum Zellrecycling oder zur Zellernte.

1 EINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER DIFFUSION
VON FLUIDKOMPONENTEN

5

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Steuerung der Diffusion von Fluidkomponenten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und damit durchgeführte Verfahren. Die Steuerung erfolgt, indem die Fluide oder deren Komponenten durch poröse keramische Körper diffundiert werden. Die Erfindung ist besonders geeignet, um in kontinuierlichen Prozessen eingesetzt zu werden, beispielsweise bei der Trennung oder der Kombination von Flüssigkeitskomponenten.

Bei vielen kontinuierlichen chemischen Verfahren und bei anderen Techniken ist es häufig notwendig, die Komponenten von Fluidströmen zu trennen. Eines der am häufigsten angewendeten Verfahren auf diesem Gebiet, besteht darin, semi-permeable Membrane aus Polymer-Material einzusetzen, die für verschiedene Komponenten des zu trennenden Stromes deutlich unterschiedliche Permeabilitäten aufweisen. Die Permeabilitätsunterschiede können auf physikalischen oder chemischen Wechselwirkungen zwischen der oder den Komponenten der Membran und des Fluids beruhen. Sehr häufig beruhen diese Unterschiede auch nur auf dem Vorhandensein von kleinen Poren in der Membran, die den Durchgang einer Komponente des Fluids mit relativ kleinen Molekülen oder Partikeln erlaubt, nicht aber den Durchgang der anderen Komponente mit großen Molekülen oder Partikeln.

3519620

1 In der Praxis hat man festgestellt, daß die meisten
Trennungen mit wirtschaftlicher Bedeutung Membrane
erfordern, die ziemlich kleine Poren aufweisen und
somit eine entsprechend kleine Diffusionsgeschwindig-
keit selbst für die Komponente aufweisen, die am
5 schnellsten durch die Membran hindurchtritt. Die Durch-
trittsgeschwindigkeit kann durch Anlegen eines Drucks
an das Fluid erhöht werden, doch muß die Membran dann
mechanisch stabil und druckresistent sein, um zu
verhindern, daß diese zusammengedrückt oder deformiert
10 wird oder reißt. Eine derartige mechanische Stabilität
wird normalerweise dadurch erreicht, daß die Membran
dicker ausgestaltet wird; dadurch sinkt aber wieder die
Diffusionsgeschwindigkeit, so daß sich diese Lösung
15 teilweise wieder selbst aufhebt.

Die Verwendung eines hohen Drucks ist bei einigen
Fluiden außerdem unpraktisch, insbesondere bei bio-
logischen, wie z.B. Blut. Der Druck kann zu einer
20 Beschädigung der Zellstrukturen führen. Selbst nicht-
biologische kolloide Suspensionen, wie beispielsweise
viele der häufig angetroffenen Latexpolymeren, können
durch Anlegen eines Drucks in ähnlicher Weise be-
schädigt werden.

25 In der Vergangenheit wurden teilweise poröse kera-
mische Stoffe zur Trennung von Fluidkomponenten ein-
gesetzt, hauptsächlich bei Filtrationsprozessen, in
denen feinverteilte, feste Komponenten eines Fluids
30 entfernt wurden. Aufgrund ihrer Bruchempfindlichkeit
und der Schwierigkeit, dünne keramische Schichten mit
genau kontrollierter Porengröße zu erzeugen, müssen
keramische Filter im allgemeinen dicker ausgelegt werden
als Polymermembrane. Sie weisen daher noch geringere
35 Trennraten auf als Polymermembrane. Dadurch wurde der

1 praktische Einsatz von keramischen Stoffen als Trenn-
einrichtungen beschränkt. Ein Beispiel einer aus
mehreren Schichten bestehenden keramischen Filter-
struktur wurde vor kurzem in der französischen Patent-
5 anmeldung 8106340 vom 30. März 1981 beschrieben.

10 In industriellen und medizinischen Verfahren werden
auch Einrichtungen verwendet, die Komponenten mit einer
kontrollierten Geschwindigkeit in ein Fluid ein-
führen, obwohl diese wahrscheinlich weniger häufig an-
getroffen werden als die kontinuierlichen Trennvor-
gänge.

15 Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe,
eine Einrichtung der eingangs genannten Art anzugeben,
die mit verbesserten keramischen Elementen arbeitet.

20 Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen gekenn-
zeichnete Erfindung gelöst.

25 Man hat festgestellt, daß keramische Körper mit über-
legener Leistung bei der Steuerung der Diffusion von
Fluidkomponenten hergestellt werden können, wenn ge-
wisse keramische Pulver gesintert werden, um keramische
Körper mit sehr gleichförmiger Porengröße und hoher
mechanischer Festigkeit zu erzeugen. Vorzugsweise wer-
den Pulver von mindestens zwei Größen verwendet und
so eine Mehrschichtstruktur erzeugt, in welcher eine
dünne Schicht mit relativ kleinen Poren mit mindestens
30 einer dickeren Schicht und viel größeren Poren kombi-
niert wird. Die dicke Schicht liefert die mechanische
Festigkeit, während die dünne Schicht die Selektivität
garantiert und mit einer vernünftigen Betriebsge-
schwindigkeit kombiniert.

1 Die keramischen Körper dieser Erfindung können am
wirkungsvollsten eingesetzt werden, wenn sie in
Strukturen verwendet werden, die sich von den üblichen
flachen Bahnen oder Einzelröhren oder Hohlfasern unter-
5 scheiden, die am häufigsten zur Entfernung von Teil-
chen aus Fluiden oder Gasen bei der mikromolekularen
Fraktionierung verwendet werden. Die Erfindung ver-
wendet eine Vielzahl von zylindrischen Räumen in
10 einer Doppelschicht eines einzelnen Trennelements,
das im allgemeinen zylindrisch geformt ist und eine
ausgedehnte Länge aufweist. Verteiler oder ähnliche
Geräte an einem oder beiden Enden der Elemente dienen
zur Einführung und zum Sammeln der Eingangs- bzw.
der Ausgangsfluide.

15 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand
von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

20 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines
Teils einer bevorzugten Ausführungs-
form eines porösen keramischen Elements
gemäß der vorliegenden Erfindung.

25 Fig. 2 ein Längsschnitt des Elements in Fig. 1
entlang der Linie 2-2 in Fig. 1 in ver-
größerter Darstellung. Dieser Längs-
schnitt zeigt die Doppelschichtstruktur,
die in diesem Fall aus einer fein-
porigen Schicht 28 und einer Schicht 26
mit groberen Poren besteht. In dieser Aus-
führungsform ist der in der Mitte liegende
zylindrische Raum 22 nicht mit einer
feinerporigen Schicht ausgeschlagen, da
er als durchlässiger Sammelraum dient
30 und nicht als Trennvorrichtung.

1

Diese Schicht kann auf allen Oberflächen der Einrichtung angebracht werden, wenn dies notwendig ist.

5

Fig. 3

eine perspektivische Ansicht einer Einrichtung mit einem Trennelement nach den Figuren 1 und 2 zusammen mit einem Gehäuse und den Leitungen zum Anschluß des Trennelements an einen kontinuierlichen Prozeßstrom.

10

Fig. 4

einen Längsschnitt der Einrichtung nach Fig. 3 längs der Linie 4-4 in Fig. 3.

15

Figuren

5,6 und 8

Querschnitte anderer möglicher Ausführungsformen der Erfindung.

20

Fig. 7

eine perspektivische Ansicht einer dieser Ausführungsformen mit der Linie 8-8, die dem Längsschnitt von Fig. 8 entspricht.

25

Diese Strukturen stellen zusammen mit einer geeigneten Auswahl der Fluidführung eine bedeutende Verbesserung gegenüber den Strukturen des Standes der Technik für die Mikrofiltration oder die Ultrafiltration dar, beispielsweise die Struktur, die in der erwähnten französischen Patentanmeldung beschrieben ist. Diese Verbesserung ist insbesondere auf das größere Verhältnis von Filteroberfläche zu Gewichtsvolumen zurückzuführen.

30

Die Einrichtung nach der Erfindung wird vorzugsweise aus gesintertem keramischen Material hergestellt, das

35

/o-

1 eine im wesentlichen gleichförmige Porengröße aufweist,
sowie gute mechanische und Korrosionsfestigkeit. Zur
Herstellung der Elemente kommt eine große Auswahl be-
kannter keramischer Pulver in Frage, beispielsweise
5 die Oxide von Aluminium, Silizium, Zirkon, Titan, Chrom
oder Magnesium; die Carbide von Silizium, Titan oder
Wolfram; oder natürlich auftretende Mineralien, wie
beispielsweise Cordierit, Mullit oder ähnliches.
Mischungen aus diesen Stoffen können auch verwendet
10 werden.

Ein Verfahren zur Herstellung poröser keramischer
Röhren mit Mehrfachschichten aus Keramik, die jeweils
unterschiedliche Porositäten aufweisen, ist in der
15 Anmeldung US-Serial No. 06/550,746 beschrieben.

Je dicker das Diffusionssteuerelement ist, desto geringer
wird die Durchtrittsrate durch das Element. Es ist des-
halb aus wirtschaftlichen Gründen wünschenswert, die
20 Dicke so klein wie möglich zu halten, sofern eine aus-
reichende Festigkeit und Haltbarkeit noch gegeben ist.
Eine Wanddicke für das Diffusionssteuerelement von
mindestens 1 Mikron ist erforderlich, wenn die gesamte
25 Wand Poren von gleichförmiger Dicke enthält und das
keramische Material aus Aluminiumoxid besteht. Die Wir-
kungsweise der Erfindung kann am besten mit Hilfe der
Zeichnungen erläutert werden. Die Figuren 1 und 2 zei-
gen eine gegenwärtig bevorzugte Ausführungsform der
Erfindung, die allgemein mit dem Bezugszeichen 20 ver-
sehen ist und Fluidkomponenten kontinuierlich trennen
30 kann. Eine Vielzahl von Kanälen 24 verlaufen über die
gesamte Länge des Elements 20. Die Wände jedes Kanals 24
sind mit einer dünnen Schicht einer feinporigen
Keramik 28 ausgeschlagen, die ihrerseits durch einen
35 Keramikkörper 26 mit größerer Porengröße umgeben ist.

1 Ein größerer Mittelkanal 22 verläuft über die ge-
samte Länge des Elements.

5 Es versteht sich von selbst, daß die Abmessungen der Ausführungsform 20 in weiten Bereichen geändert werden können. Die Porosität der Schichten 28 und 26 kann verschieden eingestellt werden, und zwar durch Verwendung entsprechender Keramikpulver beim Sintern; Poren, die hauptsächlich in einem Größenbereich von
10 ungefähr 0,01 Mikron bis 20 Mikron oder mehr liegen, kommen in Frage. Typischerweise liegt das Porenvolumen zwischen 35 bis 55 % des Gesamtvolumens dieser Schichten, wobei im allgemeinen mindestens 95 % der Poren miteinander verbunden sind, um einen gewundenen Strömungspfad auszubilden. Bei den meisten Anwendungen wird der Durchmesser des Elements 20 im Bereich von ungefähr 2 mm bis ungefähr 20 mm gewählt. Der Mittelkanal 22 hat dann einen Durchmesser von ungefähr 0,5 bis 10 mm und die peripheren Kanäle 24 weisen Durchmesser von ungefähr 0,2 bis 5 mm auf, wobei Durchmesser unter 2 mm bevorzugt sind. Die Schicht 28 hat normalerweise eine Dicke zwischen 1 und 15 Mikron. Der Abstand zwischen den Poren muß auf den Bereich zwischen 0,1 mm bis 2 mm eingestellt werden. Innerhalb der durch die keramische Sintertechnologie bestimmten Grenzen können alle passenden Längen gewählt werden, wobei nach der bisherigen Erfahrung ein Meter eine ungefähre praktische obere Grenze darstellt.

30 In der Praxis wird das Element 20 zusammen mit anderen Komponenten eingesetzt, die in den Fig. 3 und 4 dargestellt sind. Ein fluiddichtes Gehäuse umgibt das Element 20 und verhindert zusammen mit den Endkappen 34a und 34b sowie den elastischen Verbindungen 38 ein Austritt des zu trennenden Fluids. Das Fluid wird
35

- 1 vorteilhafterweise über einen wahlweise vorhandenen
Verteiler 40a in die Vielzahl von Kanälen 24 einge-
führt; der Verteiler 40a enthält eine entsprechende
Anzahl von Zuführrohren 42a, die durch entsprechende
5 Öffnungen 44 in der Endkappe 34a verlaufen und dann
in die Enden des jeweiligen elastischen Verbinders 38
eingepreßt werden. Die Öffnungen 44 werden zweckmäßiger-
weise mit O-Ringen 46 versehen, um die Öffnungen gegen
Fluidaustritt abzudichten. Ein Anschluß 48a ist auf
10 dem Verteiler 40a vorgesehen, um diesen mit einer
nicht dargestellten Fluidquelle zu verbinden. Die End-
kappen 34 sind in einem geringen Abstand vom Keramik-
element 20 angebracht, das seinerseits innerhalb des
Gehäuses 32 mit Hilfe von Abstandhaltern 36 positioniert
15 ist. Die Anschlüsse 50a und 50b führen zu dem verbundenen
Raum mit Einstieg des Mittelkanals 22 des Keramikele-
ments und dem Raum 52 zwischen dem Keramikelement und
dem Gehäuse 32.
- 20 Alle die in Zusammenhang mit dem Element 20 verwendeten
Hilfstrukturen sollten aus einem fluiddichten Material
hergestellt werden, das bezüglich des zu führenden Fluids
chemisch inert ist.
- 25 Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellte Ausführungsform
der Erfindung kann auf vielerlei Weise verwendet werden.
Eine der einfachsten Anwendungen ist ein Prozeß zum
Trennen eines Fluids F von einer Komponente A, die
durch eine feinporige Keramiksicht schneller dif-
fundiert als jeder andere Bestandteil von F. Das
30 Fluid F kann über den Anschluß 48a in den Verteiler 40a
und von dort in die Kanäle 24 des Keramikelements 20 ge-
bracht werden. Der Anschluß 50a ist dabei abgedichtet.
Über Anschluß 50b kann ein Vakuum angelegt werden, oder
aber das Fluid F kann in den Anschluß 48a mit einem

größeren als Atmosphärendruck eingeführt werden. In jedem Fall wird das Fluid F bei seinem Durchgang durch die Einrichtung in einen Strom F_d getrennt, in dem die Komponente A verarmt ist, und einen Strom F_e , der den Bestandteil A in angereicherter Form enthält. Der Strom F_d kann über Anschluß 48 b abgezogen werden, während der Strom F_e über den Anschluß 50b abgenommen wird. Kompliziertere Prozesse, die mit Hilfe der Ausführungsform 30 durchgeführt werden können, sind dem Fachmann ohne weiteres erkennbar. Beispielsweise kann ein zweites Fluid G in den Anschluß 50 b eingeführt werden, während das Fluid F wie vorher über den Anschluß 48a eingeführt wird. Wenn die Fluide im Gegenstrom durch das Element fließen, diffundiert die Komponente A in das Fluid G. Die Ausgangsströme bestehen daher aus F_d' , eine Variation von F, in der wie vorher A verarmt ist, und G_e , eine Variation von G, in der die Komponente A angereichert ist und die über Anschluß 50a abgenommen werden kann.

Ein besonders praktisches Beispiel einer derartigen Verwendung der Ausführungsform 30 für einen Gegenstromaustausch von Fluidkomponenten tritt bei der künstlichen Sauerstoffversorgung von Blut auf, ein Verfahren, das bei einigen medizinischen Behandlungen eine wichtige Rolle spielt. Zu diesem Zweck wird der Sauerstoff über Anschluß 48 a zugeführt und Blut mit einem hohen Partialdruck an Kohlendioxid und wenig Sauerstoff über Anschluß 50b. Wenn die Porengröße der Schicht 28 fein genug ist, können keine der Blutkomponenten, mit Ausnahme von Sauerstoff und Kohlendioxid, durch die Schicht hindurchtreten, so daß das mit Sauerstoff aufgeladene Blut über Anschluß 50a abgenommen werden kann und eine Mischung aus Sauerstoff und Kohlendioxid über Anschluß 48b. Dieser Prozeß läßt sich mit nur kleinen oder gar keinen Druckunterschieden zwischen den Fluidströmen von Blut

1 und Sauerstoff durchführen, da die Unterschiede der
Partialdrücke von Sauerstoff und Kohlendioxid über die
zusammengesetzte Struktur 28/26 eine ausreichend große
Treibkraft für den Austausch darstellt.

5 Ein typisches Beispiel für die Verwendung einer derartigen
Ausführungsform 30 betrifft den Zelleinschluß in Gewebe-
kultur, Zellfortpflanzung, Zellernte, Zellfraktionierung
und Zellrecycling etc., während Nährstoffe durch die
10 feinporigen Schichten diffundieren.

Für den Fachmann ist es ohne weiteres klar, daß Mehr-
fachausführungsformen der in den Figuren 1 bis 4 dar-
gestellten Art in Tandem oder parallel kombiniert werden
15 können, um einen größeren Separationsgrad zu erzielen,
bzw. ein höheres Strömungsvolumen mit dem gleichen Se-
parationsgrad. Es ist außerdem nicht notwendig, in
aufeinanderfolgenden Mehrfachausführungsformen, die
Separation mit gleicher Art oder gleichem Grad durch-
20 zuführen. Beispielsweise kann Kohlendioxid von Blut durch
ein Vakuum in einer ersten Ausführungsform der Art 30
getrennt werden, während Sauerstoff in einer zweiten
derartigen Ausführungsform in das gasgereinigte Blut
eingeführt wird. Auf diese Weise können die Kohlen-
25 dioxid- und die Sauerstoffpegel unabhängig voneinander ge-
steuert werden. Eine derartige unabhängige Steuerung
kann beim Betrieb einer einzigen Ausführungsform nicht
möglich sein, da dort eine Kreuzdiffusion dieser beiden
Gase auftritt.

30 Einer der Vorteile der Ausführungsform nach Art 20 be-
steht darin, daß eine große Kontaktfläche zwischen
den beiden Fluidströmen zur Verfügung gestellt wird.
Ein weiterer Vorteil liegt in der mechanischen Festig-
35 keit, die durch die Röhrenform des gesamten Elements

1 bedingt ist, selbst wenn die Wanddicken nur relativ
klein sind.

5 Für die hier beschriebene Erfindung sind viele ver-
schiedene Ausführungsformen möglich. Beispielsweise
zeigt Fig. 5 eine Ausführungsform mit dem Bezugs-
zeichen 120, bei der zwei getrennte Gruppen von Kanälen
10 124 und 125 in Keramiksubstraten 126 bzw. 127 ange-
ordnet sind. Ein unterschiedlicher Bereich 128 trennt
die beiden Gruppen von Kanälen. Die Porengrößen der
Bereiche 126, 127 und 128 können alle unabhängig von-
einander eingestellt werden, ebenso wie die Durch-
messere der beiden Gruppen von Kanälen und des Mittel-
kanals. Drei oder mehr verschiedene Fluidströme können
15 in eine Ausführungsform der Art 120 eingeführt werden.

20 Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform 220 mit zwei Kanälen
223 und 224, von denen keiner zylindrisch oder axial
ist. Die Ausführungsform 220 ist mit einem nicht porösen
Keramiküberzug 60 versehen, der eine Alternative zu dem
getrennten Gehäuse 32 der Ausführungsform 20 darstellt.
Eine dünne Schicht aus feinporigem Keramikmaterial
25 könnte als innerster Teil der Wand der Kanäle 222 und
223 vorgesehen werden. (Dies ist in Fig. 6 nicht darge-
stellt.) Mit geeigneten Fluidanschlüssen kann eine Kreuz-
diffusion zwischen diesen beiden Kanälen erreicht werden;
es kann aber auch ein einziges Fluid in beide Kanäle
eingeführt werden und an den Enden ein Filtrat abge-
nommen werden, das durch den porösen Körper der Aus-
führungsform 220 hindurchgetreten ist.

30 Eine weitere Ausführungsform ist in den Fig. 7 und 8
dargestellt. Diese Einrichtung 320 ähnelt stark der
Ausführungsform 20 in den Fig. 1 bis 4 mit der Ausnahme,

- 15 -
3519620

- 16 -

daß der Mittelkanal 322 über die Enden der Peripherikanäle 324 hinaus verlängert ist. Mit einer derartigen Konfiguration kann das Fluid im Kanal 322 leicht mit Hilfe von Dichtungen vom Fluid in den Kanälen 324 getrennt werden.

Ausführungsformen der Erfindung können auch so ausgelegt werden, daß sie eine spiralförmige Strömung oder andere Strömungspfade erzeugen, in denen die "toten Zonen" in den Strömungskanälen auf ein Minimum herabgesetzt werden.

3519620

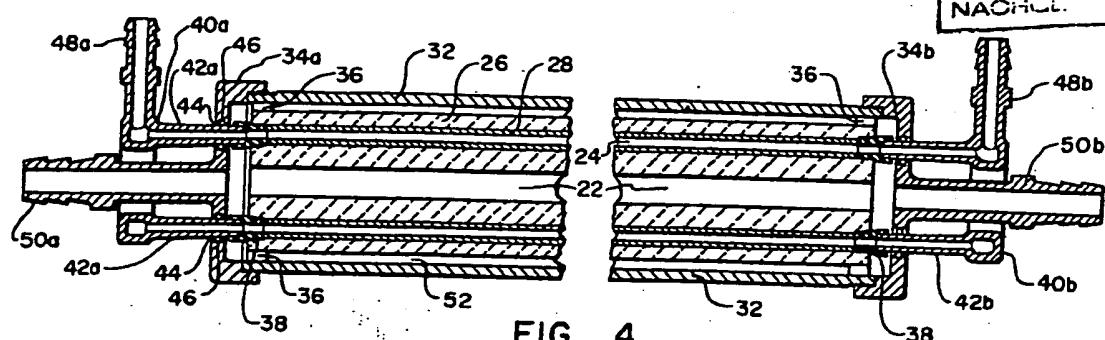


FIG. 4

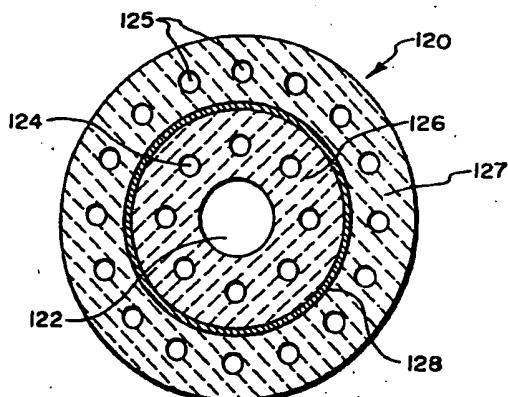


FIG. 5

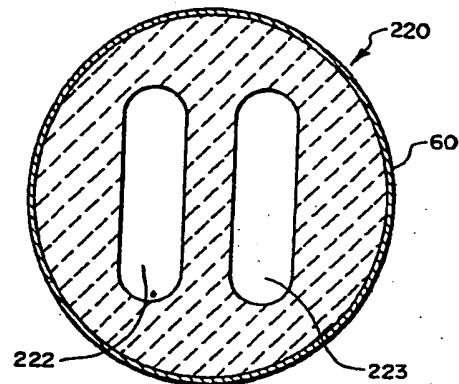


FIG. 6

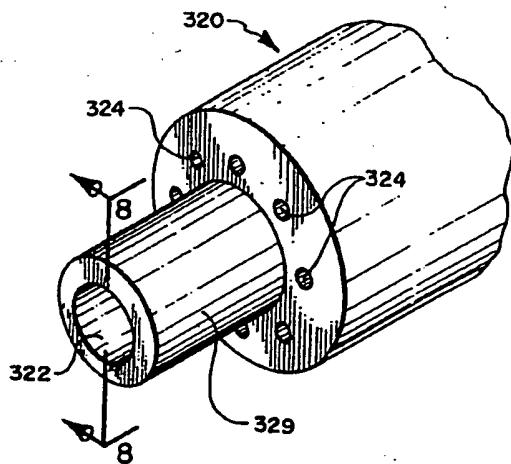


FIG. 7

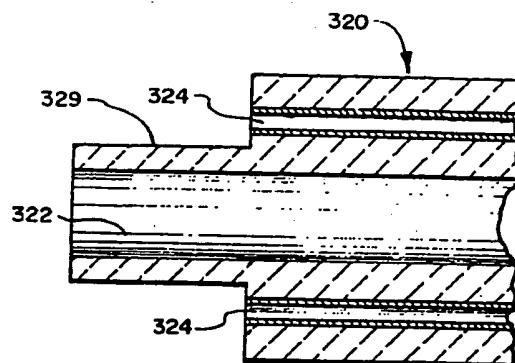


FIG. 8